

6. Проект «Дом А+» [Электронный ресурс]. URL: <http://ekat.ecodolie.ru/proekt/> (дата обращения: 20.11.2014).
7. Институт пассивного дома в России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.passiv-rus.ru/> (дата обращения: 20.11.2014).
8. Технологии и расчеты [Электронный ресурс]. URL: <http://ekat.ecodolie.ru/proekt/tekhnologii-i-raschety/> (дата обращения: 20.11.2014).
9. Первый «Активный дом» в России. М. : Загородный проект: VELUX, 2014. 22 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.activedom.ru/> (дата обращения: 20.11.2014).
10. Концепция Active House [Электронный ресурс]. URL: <http://www.activehouse.info/> (дата обращения: 20.10.2014).
11. Визуализатор дневного света [Электронный ресурс]. URL: <http://www.velux.ru/professionals/forarchitects/daylight-visualizer> (дата обращения: 20.10.2014).
12. Энергобаланс «Активного дома» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.activedom.ru/energybalance> (дата обращения: 20.11.2014).

УДК 620.9

Балдин В. Ю., Селезнева И. С.,  
Уральский федеральный университет,  
Gala Ledieu-Poloskova, A.R.I.E.L., Франция  
[v.u.baldin@urfu.ru](mailto:v.u.baldin@urfu.ru), [i.s.selezneva@urfu.ru](mailto:i.s.selezneva@urfu.ru)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВО ФРАНЦИИ: ОПЫТ A.R.I.E.L. И ВЫСШЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ ПАРИЖА (MINES-ParisTech)**

Ассоциация A.R.I.E.L. (Association for Research with Industrial and Educational Links) – некоммерческая организация [1], созданная в 2000 г. Конференцией Высших инженерных школ Франции (CGE) [2] для исследования и развития связей между наукой, образованием и промышленностью. Опыт Ассоциации изучался в целях использования международного опыта в образовательной деятельности УралЭНИН, в том числе – в Президентской программе «Энергосбережение, повышение энергетической эффективности и ресурсосбережение в промышленности», реализуемой УрФУ в 2012–2014 гг. [3]

Ассоциация A.R.I.E.L., действуя от имени и по поручению CGE, а также от имени Национальной академии технологий Франции [4], разрабатывает и реализует совместные научно-исследовательские проекты между университетами, высшими инженерными школами и международными партнерами с широким привлечением корпоративного мира и аспирантов при поддержке Министерства иностранных дел, Министерства высшего образования, науки и технологий и Министерства промышленности Франции по различной тематике, в том числе: использование биотоплива и геотермальной энергии, энергоэффективность в городской среде.

Президент Ассоциации – Бернар Сюттер (Bernard Sutter), выпускник Политехнической школы и Высшей национальной школы телекоммуникаций, работал в Министерстве телекоммуникаций Франции, а также сотрудничал с

международными департаментами различных министерств в области промышленности (1953–1976). Спустя год работы в качестве эксперта в Индии возглавил Программу сотрудничества в Латинской Америке, Азии, на Ближнем Востоке, а также в странах Африки, курируя направления промышленной политики и международного сотрудничества.

Его опыт нашел применение в академической научной сфере, а именно в создании двух Высших школ телекоммуникаций в городах Бресте и Эври, объединив их с аналогичным учебным заведением со 100-летней историей, Парижской высшей школой, в рамках Института телекоммуникаций (1976–1983).

С 1984 года он занимается в рамках CGE международным сотрудничеством в областях, объединяющих инженерные науки, исследования, промышленность и высшее образование. Мероприятия, проводимые в сотрудничестве с ассоциацией A.R.I.E.L. с 1999 г., имеют долгую историю, которая начиналась в Беркли и Массачусетском технологическом институте (США), продолжается в Канаде с востока на запад, в Израиле, Корее, Швеции, Мексике, Бразилии, Китае и достигает в 2007 году Восточной Европы – Украины и России.



В офисе Президента Ассоциации A.R.I.E.L. Бернара Сюттера (в центре)

Директор Ассоциации A.R.I.E.L. по России и Украине – Гала Лёдьё-Полоскова (Gala Ledieu-Poloskova) – выпускница Донецкого государственного университета (факультет романо-германской филологии), получила второе образование в Университете Сорбонны по специальности «Экономика». С 1992 г. живёт и работает в Париже. В 1992–1993 гг. – аудитор во французской консалтинговой группе Mazars & Guerard.

С 1993 г. по 2002 г. работала в Отделе трансферта высоких технологий между бывшими республиками СССР, Европой и США (Mazars & Guerard), после чего была независимым консультантом по сотрудничеству с Россией и Украиной. С 2006 г. по 2009 г. являлась вице-президентом французской ассоциации «Французско-Украинские Инновации и Технологический обмен». В 2006 г. Гала Лёдьё-Полоскова начала работу в Ассоциации A.R.I.E.L. в качестве директора по России и Украине, где занимается разработкой совместных инновационных программ, организацией научно-промышленных семинаров в области инженерных наук, связями с политическими и административными структурами. С 1984 г. CGE, а затем Ассоциацией



В офисе Президента Ассоциации A.R.I.E.L. с Галой Лёдьё-Полосковой и Бернаром Сюттером

A.R.I.E.L. запущено 400 проектов, проведено 70 рабочих совещаний и семинаров в ряде стран (США, Канада, Бразилия, Китай, Израиль, Россия, Украина), состоялось 3 симпозиума «Европа-США», к сотрудничеству привлечено 100 высших школ и университетов, 110 французских и иностранных промышленников.

Ассоциация A.R.I.E.L. придерживается следующих принципов:

- нет высшего образования без науки (no higher education without research);
- нет науки без инноваций (no research without innovation);
- нет инноваций без международного вызова (no innovation without international challenge).

Эти принципы графически представлены в виде CGE – ARIEL – The Quadrant (рис. 1) и последовательно реализуются в проектах Ассоциации.

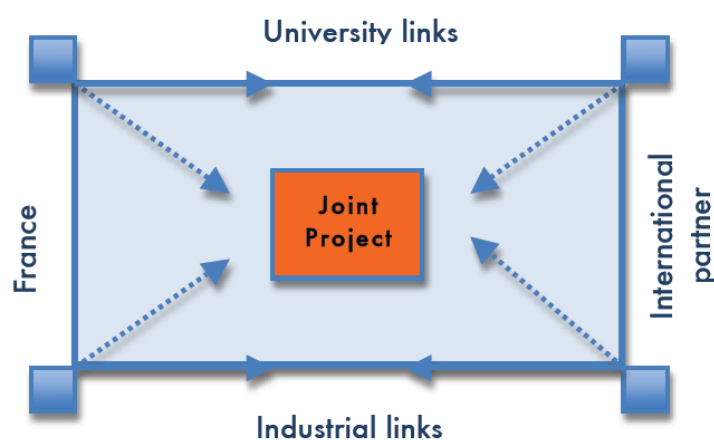


Рис. 1. Схема взаимодействия CGE – ARIEL (Франция) с университетской наукой, образованием, промышленностью и зарубежными партнерами

В 2013 г. были опубликованы результаты исследований, проведенных Marine Agogué, получившей степень доктора наук в Научном центре менеджмента MINES-ParisTech, названных «Сиротливые инновации: Столкновение когнитивных (познавательных) процессов и промышленного развития» (Серия «Экономика и управление») [5], изучавшей в период 2009–2012 гг. различные объекты, в том числе опыт работы Ассоциации A.R.I.E.L.

Одним из крупных проектов Ассоциации последних лет стала российско-французская программа CODEST (Co-Development Science & Technology) [6] совместных исследовательско-инновационных проектов, целью которой является внедрение в межправительственную российско-французскую программу, посвященную вопросам энергоэффективности и начатую в 2007–2010 гг. рядом семинаров в России (в том числе – в Екатеринбурге) и во Франции, креативной составляющей (научная среда) наряду с инвестиционной составляющей (промышленная среда).

Энергоэффективность в зданиях и ее влияние на окружающую среду стало одним из наиболее актуальных общественных вопросов в последние десятилетия. В Европе, во Франции, в России и многих других странах грядущее сокращение запасов ископаемых энергоносителей приводит к необходимости проведения очень жесткой политики в области энергетики и окружающей среды, в центре которой регулярно оказывается строительный сектор. Планируемые к внедрению в Европе меры: новые здания с «нулевым энергопотреблением» к 2020 г. и сокращение в 4 раза энергопотребления строи-

тельного сектора к 2050 г., что законодательно закреплено во Франции в Плате строительства «Гренель» и текущими изменениями к строительным регламентам (RT 2012) [7].

В этом году нам удалось встретиться в Высшей инженерной школе Парижа (MINES-ParisTech), являющейся одним из крупнейших и старейших технических вузов Франции (основанного в 1783 году), с директором Департамента энергетики и процессов Дидье Майером (Didier Mayer).

Дидье Майер является специалистом по инженерной химии, он получил докторскую степень в области энергетической инженерии в Mines-ParisTech в 1987 году защитив диссертацию на тему «Создание запасов термальной солнечной энергии средних температур». В 1991 году стал исполняющим обязанности директора Центра инженерных энергетических исследований при Mines-ParisTech и возглавил это учреждение, расположенное в Софии-Антиполис, на юге Франции.

В течение последних 20 лет занимался развитием исследований в области возобновляемых источников энергии, а именно энергии солнца и ветра. В центре его внимания находится вопрос оптимизации вклада возобновляемых источников энергии в энергообеспечение удаленных сельскохозяйственных районов, а также действующих электросетей. Это включает в себя деятельность в области возобновляемых энергоресурсов, создания запасов энергии, функционирования энергосистем, менеджмента и планирования в области энергетики.

В 2007 году Дидье Майер был назначен на должность директора Центра энергетики и процессов при Высшей инженерной школе Парижа. В 2002–2008 гг. являлся президентом агентства Европейского центра исследований возобновляемой энергии. Это агентство объединяет около 50 наиболее известных исследовательских групп во всей Европе, которые ведут активную работу в области исследования, развития и внедрения всех видов возобновляемых источников энергии и связанных с этим технологий.



У стены здания MINES-ParisTech, выдержавшего обстрел в 1918 г. и сыгравшего важную роль в борьбе за освобождение Парижа 25 августа 1944 г. – в центре Дидье Майер)



Дидье Майер представляет результаты исследований специалистов Mines-ParisTech





В офисе Дидье Майера

Дидье Майер, являясь руководителем с французской стороны программы CODEST, познакомил нас с научной проблематикой лаборатории, которой он руководит, методами и результатами исследований, продемонстрировал современные разработки специалистов MINES-ParisTech в направлении повышения энергетической эффективности и ресурсосбережения (некоторыми слайдами из презентаций [8–10], предоставленных французскими коллегами, иллюстрируется этот материал).

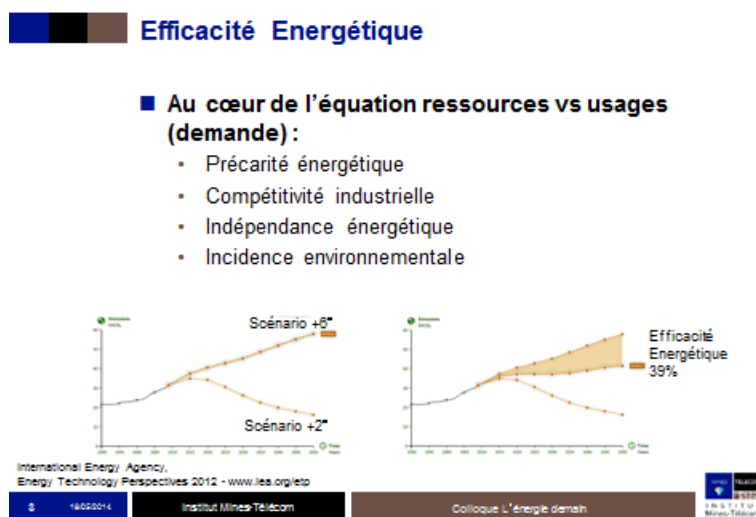


Рис. 2. Сценарии глобального изменения климата Международного энергетического агентства

По мнению французских специалистов, энергоэффективность является центральным фактором в различных аспектах. Повышение энергетической эффективности позволяет напрямую снижать добычу и потребление первичной энергии, необходимых для достижения определенной цели, обеспечивать энергетическую независимость, снижать выбросы  $\text{CO}_2$  и тем

самым уменьшать остроту проблемы изменения климата и глобального повышения температуры. Вклад энергоэффективности является наиболее значительным и оценивается величиной до 39 % в сценариях глобального потепления Международного энергетического агентства (рис. 2).

Были представлены данные исследований в части анализа энергетического баланса различных отраслей экономики Франции. Конечное потребление энергоресурсов транспортом и жилищным сектором в 2011-2012 гг. составляло по 32 %, промышленностью – 21 % (и эта доля снижается, хотя в некоторых отраслях она выше), перерабатывающими отраслями – 12 %, сельским хозяйством – 4 % (рис. 3). При этом потребление различных видов топлива и произведенных энергоресурсов существенно отличается в этих пяти основных секторах экономики.

## Efficacité Energétique

### ■ Usages finaux :

- Transport : 32%
- Résidentiel : 32%
- Industrie : 21%
- Tertiaire : 12 %
- Agriculture : 4%

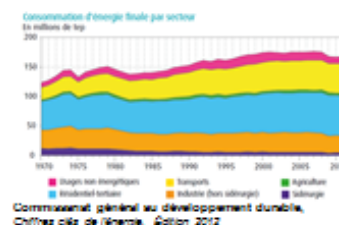
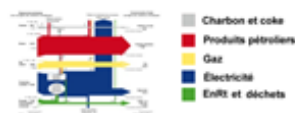


Рис. 3. Конечное потребление энергоресурсов транспортом, жилищным сектором, промышленностью, перерабатывающими отраслями и сельским хозяйством в 2011–2012 гг. во Франции

Для Франции характерно потребление в основном нефти и нефтепродуктов (46 %), природного газа (20 %) и электроэнергии, получаемой преимущественно из ядерной энергии на атомных электростанциях (22 %) (рис. 4).

Это соотношение в структуре энергопотребления является очень нетипичным по сравнению с европейской или глобальной структурами. Особенно низка во Франции доля угольной энергетики, составляющая 3 %.

В то же время доля возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов достигает 9 %, и эта доля растет.

Для глобального производства электроэнергии характерны следующие соотношения: 41 % угля, 6 % нефти, 21 % природного газа, 13 % ядерного топлива, 16 % гидроэнергии.

Анализ возможностей оптимизации энергетического баланса Франции базируется на использовании методов повышения энергоэффективности отрас-

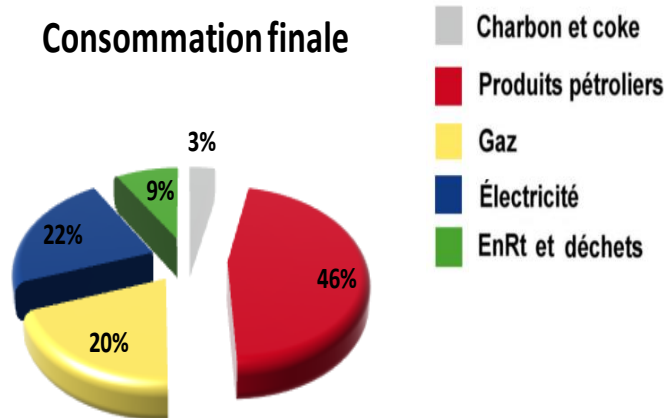


Рис. 4. Структура конечного энергопотребления во Франции по видам первичного топлива и произведенной энергии (уголь и кокс, нефть и нефтепродукты, природный газ, электроэнергия, возобновляемые источники энергии и вторичные энергоресурсы)

лей и отдельных видов производств, типичных для этой европейской страны. Диаграмма Сенки (рис. 5), отражающая структуру конечного энергопотребления и потерь по видам энергоресурсов, показывает возможности совершенствования потребления энергоресурсов за счет повышения эффективности их использования.

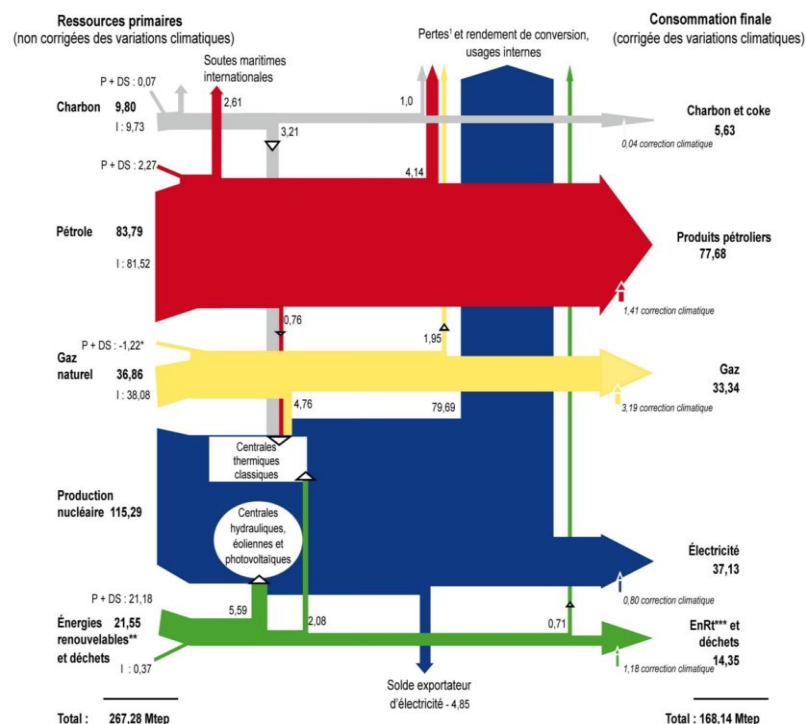


Рис. 5. Структура конечного энергопотребления и потерь по видам энергоресурсов в энергетическом балансе Франции

При этом европейские специалисты придерживаются концепции, состоящей в том, что энергоэффективность является одним из самых прибыльных инструментов повышения надежности энергоснабжения и сокращения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ.

Рассматривается комплексный подход к проблеме, потребность в энергоэффективных технологиях, которые позволят достичь поставленных целей с использованием результатов фундаментальных и прикладных исследований, осуществлением пилотных проектов в сочетании с внедрением передовых технологий, с учетом различных критериев, в частности степени готовности проектов по девятибалльной шкале, стоимости и приемлемости, связанных с этим рисков, правового регулирования, использования экономических стимулов.

Результаты анализа энергетического баланса и его структуры позволяют специалистам выбрать приоритетные направления повышения энергоэффективности, такие как:

- комбинированный цикл производства электрической и тепловой энергии (когенерация);
- применение тепловых насосов на геотермальной или аэротермической энергии, в том числе, сбросной энергии зданий – использование вторичных

энергетических ресурсов ЖКХ и промышленных предприятий (утилизация теплоты вентиляционного воздуха, теплых стоков, так называемых, «серых» сбросных вод гостиниц и жилых домов, других источников низкопотенциальной теплоты), уже реализованное в двух отелях во Франции;

- совершенствование технологий, оптимизация процессов и оборудования для теплообмена;
- расширение использования возобновляемых источников энергии (биомассы, фотоэлектрических преобразователей, энергии ветра и др.).

Применяемые методы (рис. 6):

- системный анализ технологических процессов в промышленности;
- потребности в различных видах энергетических и других видов ресурсов (топлива, электрической энергии, воздуха, воды), сырья и полупродуктов;
- математическое моделирование и использование методов масштабного перехода;
- изучение отдельных стадий технологических процессов с применением процедур и использованием результатов энергетического обследования (энергоаудита), анализ характеристик оборудования и его соответствия требованиям энергоэффективности.

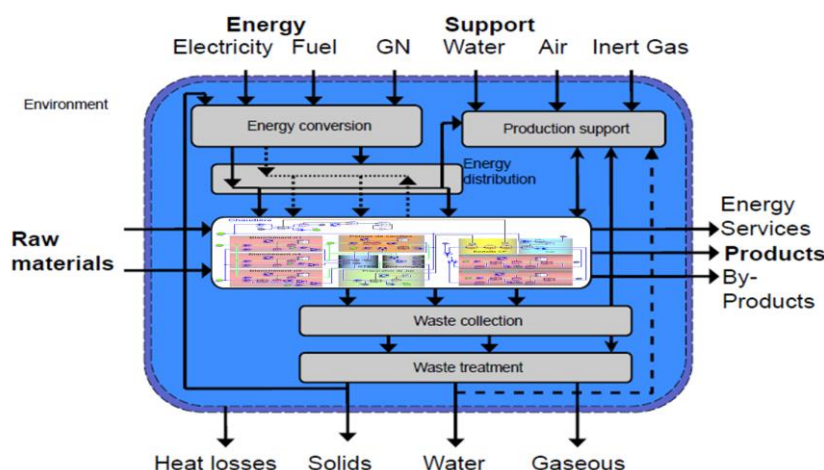


Рис. 6. Пример использования методов системного анализа технологических процессов в промышленности и потребности в различных видах энергетических, а также других видов ресурсов

Сравнение путей совершенствования производства ведется с точки зрения оптимизации потребления энергии, минимизации отходов, с учетом использования побочных продуктов, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду. При этом простая экономия или рекуперация энергии не является оптимальным решением. Разработка ведется с учетом анализа влияния встроенных систем, где энергетические потребности подсистемы могут быть обеспечены за счет излишков энергии в других подсистемах (рис. 7).



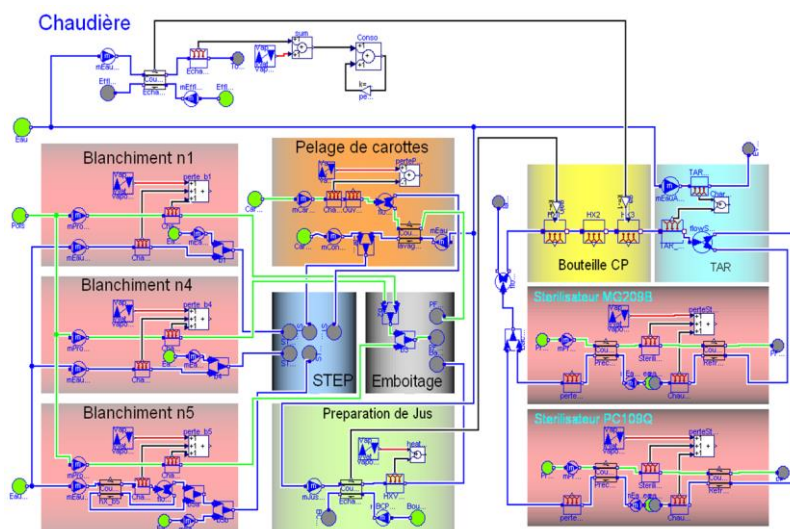


Рис. 7. Пример анализа влияния встроенных систем и подсистем

Симбиоз (взаимодействие и взаимопольное сосуществование) энергетических процессов максимизирует эффективность использования энергии. Промышленная экология является очень хорошим примером симбиоза энергии.

Интеграция энергии (минимальная энергия, необходимая для процесса): любое неэффективное использование энергии приводит к разрушению эксергии (части энергии, равной максимальной полезной работе) и производству *анергии* (не превращаемая в другие виды низкокачественная низкопотенциальная энергия, перешедшая, например, в теплоту окружающей среды) (рис. 8). Энергетический симбиоз позволяет оптимально использовать эксергию.

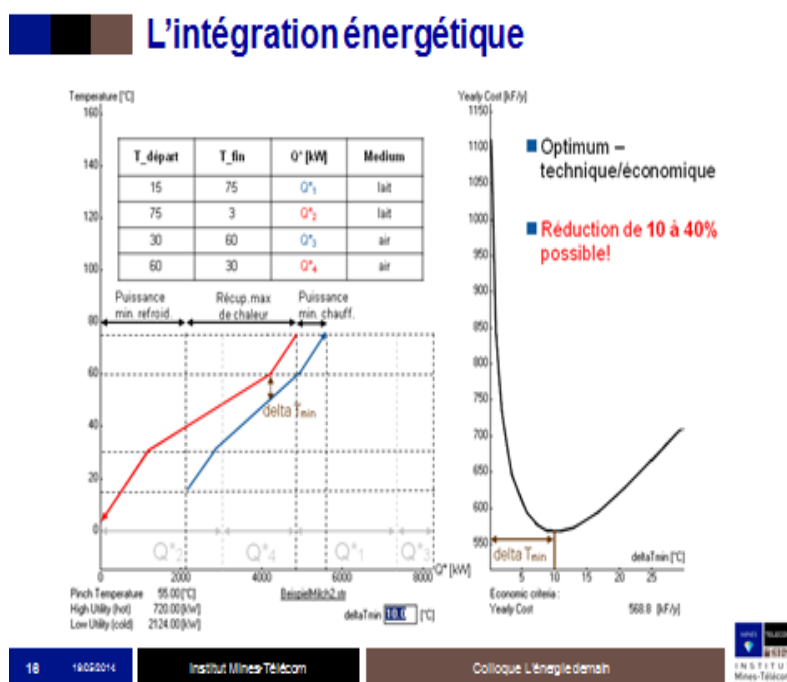


Рис. 8. Интеграция энергии и определение возможного снижения потерь

Применение этих методов позволяет снизить потери энергии на 10–40 %.

Повышение энергоэффективности за счет совершенствования процессов теплообмена и оборудования для тепловых процессов (рис. 9) может быть достигнуто:

- путем ограничения количества материала, необходимого для производства;

- улучшения характеристик трубопроводов (снижения местных сопротивлений и совершенствования структуры течения);

- оптимизации траектории движения потоков;

- совершенствования конструкции теплообменников и применения материалов с особыми свойствами;

- оптимизации распределения потока по сечению аппарата и т. д., выполняемые с использованием специального программного обеспечения.

Применение ультрабыстрых расчетов и оптимизация управления процессами в реальном времени позволяет существенно сократить время воздействия на объекты управления.

Интеграция подходов к использованию энергии (совершенствованию потребления существующей) обеспечивает прирост производства примерно на 20 %.

Методы рекуперации и трансформации теплоты, отработанные и проверенные на лабораторных установках, успешно применяются на промышленных объектах. Например, на газоперекачивающих станциях удается утилизировать в виде механической энергии тепловую энергию природного газа, имеющего температуру менее 120 °С (рис. 10).

При этом очень важным моментом является оптимизация процессов с точки зрения термодинамики.

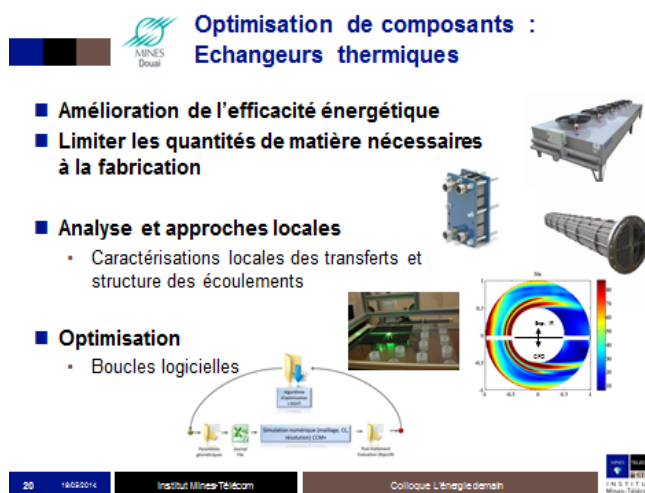


Рис. 9. Совершенствование процессов теплообмена и оборудования для тепловых процессов



Рис. 10. Стенды для изучения возможностей утилизации теплоты при перекачке природного газа

Устранение технологических препятствий – «замков» – осуществляется на уровне академических подходов – преодоления научных «замков» путем максимального сближения фундаментальной и прикладной науки.

В связи с этим в качестве возможных совместных научно-исследовательских работ на экспериментальных установках лаборатории Департамента энергетики и процессов предложен ряд тем, которые будут интересны российским и французским ученым. Конкретные направления исследований и другие аспекты совместной работы, несомненно, требуют детального обсуждения.

Это сотрудничество может осуществляться в рамках упоминавшейся российско-французской программы научно-технологического развития CODEST – Энергоэффективность, организованной и продвигаемой Ассоциацией A.R.I.E.L. совместно с рядом французских (Департамент энергетики и процессов, Центр Энергоэффективности систем Палезо, Высшая инженерная школа Парижа (Mines-ParisTech), ADEME – Агентство по охране окружающей среды и эффективному использованию энергии, Лаборатория инженерных наук в области экологии Университета Ла Рошель) и российских организаций (Российское энергетическое агентство, Московский государственный строительный университет, Союз энергетиков Северо-Запада, Санкт-Петербург) по следующим направлениям:

- Здания и экологические способы строительства
- Промышленные энергоэффективные технологии
- Возобновляемые источники энергии: солнечная, ветровая, геотермальная, биомасса и т. д.;
- CO<sub>2</sub>: улавливание, хранение, утилизация;
- Умное управление энергией;
- Электрические системы;
- Экономические и социальные задачи, охрана окружающей среды.

В качестве первоочередных тем для сотрудничества могут рассматриваться:

- Рекуперация энергии в зданиях;
- Эффективная вентиляция зданий с малой энергоёмкостью;
- Взаимодействие в городских средах;
- Изолирующие материалы, адаптированные к российскому климату – стратегии контроля;
- Рациональное использование энергии – «Умная энергия» в зданиях;
- Использование биомассы;
- Теплообменные процессы и современное оборудование.

Как вариант совместного проекта научного, образовательного и технологического сотрудничества с французской стороной в УрФУ рассматривается разработка программы CODEST-Урал, первыми этапами которой могут стать визиты французских специалистов в УрФУ для проведения широкого круга лекций, семинаров и консультаций для заинтересованных специалистов УралЭНИН, Строительного и других институтов, а также промышленных предприятий и предпринимателей по тематике энергоэффективности, участие

студентов и аспирантов MINES-ParisTech в ежегодных научно-практических конференциях «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», которые традиционно проводятся кафедрами «Энергосбережение» (в настоящее время – «Тепловые электрические станции»), «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», другими кафедрами УралЭНИИ.

#### Список литературы

1. ARIEL: Association for Research with Industrial and Educational Links [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cge.asso.fr/en/about-us/associated-structures/ariel> (дата обращения: 16.10.2014).
2. Conférence des Grandes Écoles (CGE): Excellence for a complex world [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cge.asso.fr> (дата обращения: 16.10.2014).
3. Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров [Электронный ресурс]. URL: <http://engineer-cadry.ru/> (дата обращения: 16.10.2014).
4. National Academy of Technologies of France (NATF) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.academie-technologies.fr/> (дата обращения: 16.10.2014).
5. Marine Agogué. L'innovation orpheline. Lutter contre les biais cognitifs dans les dynamiques industrielles. Paris : Presses de Mines, 2013. 229 p. (Collection Économie et Gestion).
6. Российско-французская программа CODEST – Энергоэффективность // А.Р.И.Е.Л. Париж. 2012. 17 янв.
7. Материалы российско-французского семинара «Энергоэффективность в городской среде» / Посольство Франции в Москве, Франко-российский центр по энергоэффективности, ARIEL и др. М., 2010. 10 дек.
8. Didier Mayer. Efficacité énergétique / MINES-ParisTech, Institut Mines-Télécom. 30–31.05.2013.
9. Maroun Nemer. L'usine sobre / MINES-ParisTech, Institut Mines-Télécom. 30–31.05.2013.
10. Bruno Peuportier. Du bâtiment à la ville / Centre d'Efficacité Énergétique des Systèmes / MINES ParisTech, Institut Mines-Télécom. 30–31.05.2013.

УДК 621.449

Абдулгужина И. Р., Матвеев С. В., Картавец С. В.  
Магнитогорский государственный технический университет  
[i.railevna@yandex.ru](mailto:i.railevna@yandex.ru)

### **ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ – ТЕПЛОТА РАЗЛИВАЕМОЙ СТАЛИ В ЗОНЕ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В МНЛЗ**

Машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) – теплотехнологический агрегат, выполняющий функцию разливки и формообразования сваренной жидкой стали. В настоящее время порядка 98 % всей производимой стали в мире (свыше 1,4 млрд т/год) разливается в МНЛЗ [1]. Так, для разливки и формообразования стали в МНЛЗ необходимо отводить тепловую энергию в количестве порядка 850 МДж/т, при этом около 700 МДж отводится в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) МНЛЗ. Вся эта энергия отводится в окружающую среду с водой и воздухом на температурном уровне, не превышающем 100 °С. В табли-